

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Kedua  
Sidang 1989/90

Mac/April 1990

ZSC 317/3 Ilmu Fizik Keadaan Pepejal II

Masa : [3 jam]

Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi LIMA muka surat yang bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan itu.

Jawab KESEMUA LIMA soalan.

Kesemuanya wajib dijawab di dalam Bahasa Malaysia.

1. (a) Berikan penjelasan ringkas mengenai:

- (i) Tenaga Fermi bagi elektron bebas dalam logam.
- (ii) Teorem Bloch untuk pergerakan elektron dalam kekisi berkala.

(20/100)

(b) Tunjukkan dengan jelas bahawa kepekatan elektron bebas ( $n$ ) dalam suatu sfera Fermi dapat diberikan oleh:

$$n = k_F^3 / (3\pi^2) \quad m^{-3}$$

di mana  $k_F$  adalah jejari sfera Fermi. Seterusnya tunjukkan bahawa nilai  $k_F$  untuk suatu kekisi monovalens kubus berpusat muka, dengan kepekatan elektron per atom 1.36 adalah bernilai  $5.44/a$  di mana  $a$  adalah dimensi unit kubus.

(40/100)

(c) Terbitkan ungkapan tenaga Fermi dalam sebutan kepekatan ( $n$ ) dan jisim elektron ( $m$ ). Dengan menganggap bahawa model elektron bebas logam dapat digunakan untuk Natrium (logam monovalen), kirakan tenaga Fermi bagi logam ini yang mempunyai struktur kubus berpusat jasad dengan dimensi unit kubus adalah 0.43 nm.

[pemalar Planck ( $h$ ) =  $6.62 \times 10^{-34}$  J-saat,  
jisim elektron ( $m$ ) =  $9.1 \times 10^{-31}$  kg]

(40/100)

2. (a) Buat catatan ringkas mengenai:

- (i) Model elektron hampir bebas
- (ii) Model ikatan ketat bagi logam.

(20/100)

(b) Tunjukkan bahawa jisim berkesan elektron yang bergerak dalam suatu hablur dengan tenaga  $\epsilon(k)$  adalah diberi oleh:

$$m^* = \hbar^2 / (d^2 \epsilon(k) / dk^2)$$

jika diketahui halaju elektron  $v = \frac{1}{\hbar} \frac{d\epsilon(k)}{dk}$  dan  $k$  adalah vektor gelombang.

(30/100)

(c) Suatu hablur 1-dimensi dengan pemalar kekisi  $1.57 \text{ \AA}$  mempunyai ungkapan tenaga dalam zon Brillouin pertama diberi oleh:

$$\epsilon = 6 - 2k^2 + 0.25k^4 \text{ eV}$$

dengan  $k$  ialah vektor gelombang Bloch dalam unit  $(\text{\AA})^{-1}$ .

- (i) Lakarkan dengan jelas struktur jalur tenaga ini di dalam zon Brillouin pertama.
- (ii) Lakarkan perubahan jisim berkesan sebagai fungsi  $k$  untuk elektron yang bergerak di dalam jalur tenaga tersebut.

(50/100)

3. (a) Berikan penerangan ringkas mengenai bagaimana terjadinya kesan Meissner dan tembusan fluks medan magnet dalam suatu superkonduktor.

(20/100)

(b) Dengan mengambil suatu fungsi Gibbs ( $G$ ) bagi suatu sistem bermagnet sebagai:

$$G = U - \mu_0 VMH - TS$$

di mana  $U$  = tenaga dalam,  $\mu_0$  = ketelapan vakum,  
 $V$  = isipadu,  $M$  = momen magnetik per unit isipadu,  
 $H$  = medan magnet,  $T$  = suhu dan  $S$  = entropi,

- (i) terbitkan ungkapan bagi perbezaan entropi per unit isipadu antara keadaan-keadaan normal dan kesuperkonduksian dalam superkonduktor jenis I.
- (ii) tunjukkan bahawa hasil yang diperolehi dalam (i) adalah bersesuaian dengan hukum termodinamik III apabila suhu menghampiri sifar mutlak.
- (iii) tunjukkan bahawa apabila superkonduktor ini dimusnahkan dengan mengenakan medan magnet, ia akan menyejuk.

(40/100)

- (c) Terbitkan persamaan London pertama:

$$\underline{J}_s = \underline{E}/\Lambda, \quad \Lambda = m/(n_s q^2)$$

dengan menggunakan hukum Newton kedua dan anggap  $\underline{J}_s = n_s q \underline{v}$ , di mana  $\underline{J}_s$  = ketumpatan arus,  $n_s$  = kepekatan elektron super,  $q$  = cas elektron,  $\underline{v}$  = halaju elektron,  $m$  = jisim elektron dan  $\underline{E}$  = medan elektrik. Seterusnya dengan menggunakan persamaan London kedua:

$$\nabla \times \underline{J}_s = -\underline{B}/\Lambda \quad (\underline{B} : \text{medan magnet}),$$

tunjukkan bahawa:  $\nabla^2 \underline{B} = \underline{B}/\lambda_L^2$

di mana  $\lambda_L = [m/(n_s q^2 \mu_0)]^{1/2}$

(40/100)

4. (a) (i) Berikan beberapa contoh mekanisme pengkutuban dalam dielektrik dan terangkan secara ringkas setiap satunya.
- (ii) Apakah yang dimaksudkan dengan keferoelektrikan dan kesan piezoelektrik.

(20/100)

- (b) Terbitkan medan tempatan Lorentz yang bertindak keatas suatu atom dalam suatu hablur yang berada dalam medan luar  $E_0$  dengan menganggap bahawa atom-atom hablur tersebut adalah terdiri dari dipol-dipol yang tersusun secara kubus. Seterusnya tunjukkan bahawa keketuban atom ( $\alpha$ ) adalah diberi oleh:

$$\alpha = 3\epsilon_0 (\epsilon_r - 1) / [N(\epsilon_r + 2)]$$

di mana  $\epsilon_0$  = ketelusan vakum,  $\epsilon_r$  = ketelusan relatif bahan hablur dan N kepekatan dipol ( $m^{-3}$ ).

(50/100)

- (c) Gunakan keputusan dari (b) untuk mendapatkan nilai  $\epsilon_r$  bagi gas argon dengan menganggap bahawa atom gas ini adalah terdiri dari cas negatif seragam berbentuk sfera dengan jejari R mengelilingi suatu cas titik positif. Cas negatif boleh dianggap berkeadaan seragam di bawah pengaruh medan elektrik E.

[1 mol  $\equiv 2.24 \times 10^{-2} m^3$  pada S.T.P.]

No. Avogadro =  $6.023 \times 10^{23} mol^{-1}$

garispusat atom argon = 0.3 nm

$\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} F m^{-1}$

(30/100)

5. (a) Apakah yang dimaksudkan dengan keparamagnetan dan berikan penerangan ringkas menurut teori kuantum mengenai kelakuan unit-unit momen dipol bahan paramagnet apabila dikenakan suatu medan magnet.

(30/100)

- (b) Tunjukkan bahawa kerentanan ( $\chi$ ) bagi suatu bahan paramagnet yang mempunyai momen magnet dengan nombor-nombor kuantum  $L = 0$ ,  $S = \frac{1}{2}$  dan  $J = \frac{1}{2}$  pada suhu T adalah diberi oleh:

$$\chi = \frac{1}{2B} [N\mu_B\mu_0 g \tanh(\frac{g\mu_B B}{2k_B T})]$$

di mana B adalah medan magnet yang dikenakan, N ketumpatan dipol,  $\mu_0$  ketelapan vakum,  $\mu_B$  magneton Bohr dan g faktor Landé.

(50/100)

- (c) Daripada bahagian (b), tunjukkan bahawa  $1/\chi$  adalah berkadar terus dengan suhu apabila  $g_{\mu_B} \ll 2k_B T$  dan lakarkan keputusan ini.

(20/100)

- oooOooo -